

SOBRE LAS ARTES MECÁNICAS

PEDRO NAVASQUÉS PALACIO

*On a trop écrit sur les sciences,
on n'a pas assez bien écrit sur
la plupart des arts libéraux,
on n'a presque rien écrit sur
les arts mécaniques*

DIDEROT, *Prospectus*, 1750

En el árbol del saber medieval, e incluso mucho después, las artes mecánicas fueron consideradas siempre como la contrapartida de las artes liberales. Estas, comprendidas en el *Trivium* (Gramática, Retórica y Dialéctica) y el *Quadrivium* (Astronomía, Geometría, Aritmética y Música), representaban el escalón más alto de la educación y su conocimiento y cultivo fueron la esencia de la enseñanza medieval, hasta convertir a las Siete Artes Liberales en una imagen muy característica y repetidamente interpretada por la pintura que resume la actividad docente de las escuelas catedrales y estudios generales o universidades. Así lo recogen desde el siglo XIII *Las Partidas* de Alfonso X el Sabio¹, si bien ya habían aparecido en las *Etimologías* de San Isidoro de Sevilla (556-636)² como prólogo necesario para adentrarse en el mundo del conocimiento.

Algunos de los maestros más sobresalientes de la escolástica medieval, como Hugo de San Víctor (1097-1141), escribieron sobre la distinción entre artes liberales y artes mecánicas, de tal modo que en el Libro II de su *Didascalicon* se habla de otras siete artes o ciencias mecánicas: "Mechanica septem scientias continet: lanificium, armaturam, navigationem, agriculturam, venationem, medicinam, theatricam"³. Esta sencilla agrupación se despliega con mayor amplitud en otros apartados sucesivos, pues bajo lo que Hugo de San Víctor llama, por ejemplo, *lanificium* se encuentra todo cuanto está hecho con lana y lino. De mayor alcance es el esquema de oficios y materiales que se incluye en el epígrafe *armaturam* pues allí, además de todo tipo de armas, sobresalen la arquitectura, la construcción

y la carpintería, seguidas de los oficios de escultores, marmolistas, yeseros, caleros, seguidos de un largo etcétera. A su vez, cuando Hugo de San Víctor se refiere a la *navigationem* no describe la construcción de barcos o lo que entenderíamos hoy por navegación sino, sencillamente, todo cuanto tiene que ver con el mundo del comercio en el que se cifra la felicidad y la paz. En resumen, para Hugo de San Víctor la "mechanica est scientia ad quam fabricam omnium rerum concurrere dicunt".

Sin entrar ahora en el alcance del término "ciencia" empleado aquí por Hugo de San Víctor, lo cierto es que las artes mecánicas están en la base de la vida cotidiana como



Amanuense y músico. Detalles de los relieves de una arquivilta de la iglesia de Santiago de Carrión de los Condes, Palencia, siglo XII

En página anterior: La construcción de la torre de Babel. *Libro de Horas de Juana I de Castilla*, ca. 1500. Mss. Facs/1198. España. Ministerio de Cultura. Biblioteca Nacional de España

¹ *Las Partidas*, Partida Séptima, Título XXXI, Ley I: "Qué cosa es Estudio..."

² *Isidoro Hispalensis Episcopi Etymologiarum sive Originum Libri XX: Liber I, cap. II: "Disciplinae liberalium artium septem sunt..."*

³ "Divisio mechanicae in septem", L. II, cap. XX [760 A]. Vid. la edición de Ch. H. Buttimer, *Hugonis de Sancto Victore Didascalicon De Studio Legendi. A critical Text*, Washington, The Catholic University of America Press, 1939.



Judios representados como esclavos, construyendo edificios para el faraón. Facsimil del Haggadah de Barcelona, 1476, fol. 30v. Biblioteca Nacional de España

distintamente como conocemos los oficios varios de nuestros artesanos, podríamos aprovecharlos del mismo modo, a todos los usos a que sean propias, y de esta suerte hacernos como dueños y poseedores de la naturaleza"⁴.

Este pensamiento podría estar en el proyecto tan bello como utópico de crear un centro en el que los distintos oficios y artesanos se reunieran por grupos afines en grandes salas, cada una de ellas con los útiles e instrumentos que les son propios, pues todo tendría un carácter experimental, si bien por cada oficio habría un maestro o profesor hábil en matemáticas y física, a fin de responder a todas las cuestiones de los artesanos, de darles razón de todas las cosas y de contribuir a nuevos descubrimientos en el campo de las artes útiles o mecánicas⁵. Parece ser que el Tesorero-General de Francia, d'Alibert, ofreció su personal fortuna para contribuir a los experimentos e investigaciones científicas de Descartes pero éste rehusó el ofrecimiento aconsejándole que estableciera un centro del tipo descrito en el Collège-Royal de París, o en otro lugar similar, dotándolo de unas cátedras de matemáticas y física aplicadas a las artes mecánicas⁶.

artes necesarias y útiles, participando en un grado menor si se quiere pero participando al fin y al cabo con savia propia en el árbol de las ciencias, tal y como lo entendió el Siglo de las Luces, primero a través de la actividad desplegada por la Académie Royale des Sciences de París e inmediatamente después por la expresión más cumplida de aquella centuria: la *Encyclopédie*, ou, *Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers* (Enciclopedia o Diccionario razonado de las ciencias, artes y oficios), publicada entre 1751-1765 por Diderot y d'Alambert.

Pero a la acción de la Academia francesa en el siglo XVIII se le adelantó Descartes, quien, en su célebre *Discurso del Método* (1637), hace una primera alusión a la necesidad de acercar la ciencia a la vida práctica, de tal modo que el autor reconoce que "esas nociones [de física] me han enseñado que es posible llegar a conocimientos muy útiles para la vida y que, en lugar de la filosofía especulativa, enseñada en las escuelas, es posible encontrar una práctica, por medio de la cual, conociendo la fuerza y las acciones del fuego, del agua, del aire, de los astros, de los cielos, y de todos los demás cuerpos que nos rodean, tan

Dejando atrás lo que supuso el movimiento académico impulsado por Colbert a mediados del siglo XVII, lo cierto es que la Académie Royale des Sciences de París dio continuidad al viejo proyecto, actualizado en 1710 bajo la dirección del físico y naturalista Réaumur, al publicar las *Descriptions des Arts et Métiers, faites ou approuvées par Messieurs de l'Académie Royale des Sciences de Paris*, que fueron, sin duda, el antecedente necesario de la gran aventura intelectual del siglo XVIII, la *Enciclopedia*. Al margen de otras consideraciones que obligarían a señalar una vez más la gran deuda de la *Enciclopedia* para con este excepcional conjunto de trabajos y grabados hechos por la Academia francesa, resulta esclarecedora la advertencia inicial del primer volumen de las citadas *Descriptions* donde se hace explícito el propósito de la obra y lo que representan las artes mecánicas para las ciencias, pues, en su primer párrafo, dice textualmente: "La obra que presentamos al Público es el fruto de un trabajo iniciado hace mucho tiempo por la Real Academia de Ciencias. Apenas se había constituido esta Corporación cuando concibió el proyecto de examinar y describir sucesivamente todas las operaciones de las Artes mecánicas, persuadida de que esta empresa podía contribuir por igual a su progreso y al de las ciencias"⁷.

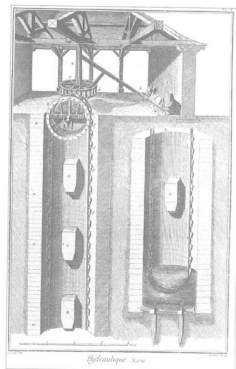
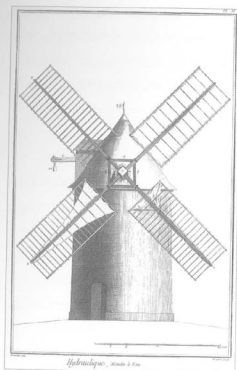
⁴ R. DESCARTES, *Discurso del método* [Trad. de M. García Morente]. Buenos Aires, Espasa Calpe Argentina, 1937.

⁵ G. I. CHRISTIAN, *Catalogue général des collections du Conservatoire royal des arts et métiers*. Paris, Imprimerie de Madame Huzard, 1818.

⁶ A. GARNIER, *Cœuvres philosophiques de Descartes*, t. I, Paris, Librairie... Hachette, 1835, p. LIII.

⁷ *Descriptions des Arts et Métiers, faites ou approuvées par Messieurs de l'Académie Royale des Sciences de Paris*, t. I, Neuchâtel, 1771 (nouvelle édition), p. XVI.

Este mismo espíritu es el que anima a Diderot en su *Prospectus* cuando, anunciando la aparición de la *Enciclopedia*, escribe que: "Todo el contenido de la *Enciclopedia* puede reducirse a tres apartados: las ciencias, las artes liberales y las artes mecánicas"⁸, para añadir más adelante, ponderando la novedad de la parte destinada a las artes mecánicas, que si bien "se ha escrito mucho sobre las ciencias, no se ha escrito suficientemente bien sobre la mayor parte de las artes liberales, no se ha escrito casi nada sobre las artes mecánicas". Esta concepción tripartita de los frutos del árbol de la ciencia coincide plenamente con el modo de presentar al público la parte gráfica de la *Enciclopedia*, publicada a partir de 1762 bajo el título de *Recueil de planches, sur les sciences, les arts libéraux et les arts mécaniques, avec leur explication*⁹, donde se ilustra todo lo concerniente a la arquitectura y construcción, a los diferentes tipos de molinos, a los ingenios de azúcar, a la industria de la lana, a la conducción de aguas, a los tintes y a otras muchas artes consideradas como mecánicas, coincidiendo en buena parte con el contenido de la presente exposición *Ars Mechanicae*, aunque aquí no se rebase cronológicamente la Edad Media. Cabe añadir que las artes mecánicas apenas si conocieron cambios sustanciales desde la Edad Media, hasta que la ciencia se acercó a ellas en el siglo XVIII para introducir muy significativas mejoras.



Representación de molino de viento [plancha II] y noria [plancha I] en la *Enciclopedia* de Diderot. Volumen de Ciencias. Sección Máquinas hidráulicas, 1762-1772

RECUEIL
DE PLANCHES,
SUR
LES SCIENCES,
LES ARTS LIBÉRAUX,
ET
LES ARTS MÉCANIQUES,
AVEC LEUR EXPLICATION.
SCIENCES



A PARIS.

AVEC APPROBATION ET PRIVILEGE DU ROY.

El texto del *Prospectus* no tiene desperdicio ante la nueva consideración de las artes mecánicas pues, a juicio de Diderot, el conocimiento científico tenía la necesidad de integrarlas recordando a los lectores de la *Enciclopedia* que ya "Bacon consideraba la historia de las Artes mecánicas como la rama más importante de la verdadera Filosofía", según señala acertadamente Pannabecker¹⁰. Fue Francis Bacon, en efecto, uno de los primeros en subrayar la importancia de estas artes haciendo de algunas de ellas particular conquista de la sociedad utópica que poblaba la *Nueva Atlántida* (1627), donde el padre de la Casa de Salomón, fundación cuyo objeto era "el conocimiento de las causas y secretas nociones de las cosas y el engrandecimiento de los límites de la mente humana para la realización de todas las cosas posibles", reveló a los recién llegados los arcanos de aquel lugar, afirmando entre otras cosas: "Conocemos diversas artes mecánicas ignoradas por vosotros, que nos producen materiales tales como papel, lienzos, sedas, tisús delicados y trabajos de pluma de brillo maravilloso, tintes excelentes y otras muchas cosas..."¹¹.

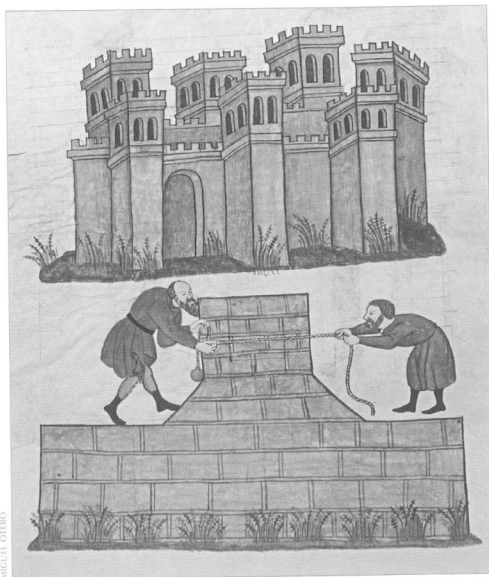
Si tuviéramos que elegir alguna observación en particular entre las muchas que hace Diderot sobre las artes mecánicas, acudiríamos al tomo V de la *Enciclopedia* (1755), en el que se incluye la voz "Enciclopedia" redactada por el propio Diderot, donde se encuentra una exposición que se ajusta a lo anunciado en el *Prospectus* pero que, dando un paso más sobre lo que representa esta obra, no duda en añadir que "La revolución

⁸ D. DIDEROT, *Prospectus*, [s.l.], octubre, 1750.

⁹ *Recueil de planches, sur les sciences, les arts libéraux et les arts mécaniques, avec leur explication*, 10 vols., París, 1762-1772.

¹⁰ J.R. PANNAECKER, "Diderot, the Mechanical Arts, and the *Encyclopédie*: In Search of the Heritage of Technology Education", *Journal of Technology Education*, 1994, vol. 6, pp. 45-57.

¹¹ Tomado de la traducción al castellano de M. V. de Robles en *Las Utopías del Renacimiento*. México, Fondo de Cultura Económica, 1956 (2ª ed.), pp. 225 y 229.



Dos hombres midiendo un muro. Biblia de Alba, ca. 1430. Fol. 342v.
Fundación Casa de Alba

puede ser menos fuerte y menos sensible en las Ciencias y en las Artes liberales que en las artes mecánicas, pero aquí ya se ha hecho una”.

Todo este espíritu supuso el caldo de cultivo para que bajo la Revolución francesa se creara el que fue *Conservatoire des Arts et Métiers*, según Decreto de la Convención de 10 de octubre de 1794, que en su primer artículo decía: “se formará en París, con el nombre de Conservatorio de artes y oficios y bajo la inspección de la Comisión de agricultura y artes, una colección de máquinas, modelos, herramientas, dibujos, descripciones y libros de todo género de artes y oficios; el original de los instrumentos y máquinas inventadas o perfeccionadas se depositará en el Conservatorio”, donde se explicaría la construcción y empleo de las herramientas y máquinas útiles a las artes y oficios. En la actualidad este centro sigue vivo y dedicado a la enseñanza bajo el nombre de Conservatorio Nacional de Artes y Oficios, contando con un excelente museo y una magnífica biblioteca. En ella se encuentra una completa colección de libros sobre las artes mecánicas que se fue poniendo al día, a tenor de las continuas novedades aparecidas a lo largo de aquella centuria del progreso que fue el siglo XIX. La consulta de sus fondos revela el vivo empeño por conciliar teoría y práctica en

beneficio de la sociedad, como afirma el ingeniero Borgnis en el discurso preliminar de su abultada obra en diez volúmenes sobre mecánica aplicada y dedicada al director del mencionado Conservatorio de París: “Sería deseable que los sabios no desdénaran el descender desde el vasto dominio de la abstracción hasta los objetos usuales, dirigiendo más a menudo sus profundas meditaciones a un gran número de problemas de mecánica práctica no resueltos todavía. Estos problemas no serán tan sublimes como los que tratan habitualmente pero serán probablemente más fructíferos. Su solución no despertará la admiración de los eruditos pero les proporcionará el reconocimiento y la estima de sus conciudadanos que serán los beneficiarios”¹². Para reforzar este planteamiento Borgnis afirma que con ser extraordinariamente interesantes las cuestiones geométricas planteadas en su día por Arquímedes, lo que realmente le dio fama inmortal fueron los útiles mecanismos inventados para la defensa de Siracusa, el llamado tornillo de Arquímedes y la balanza hidrostática que también lleva su nombre.

Desde entonces hasta la moderna *Clasificación Internacional Uniforme de Ocupaciones 1988*, actualmente en vigor y publicada por la Oficina Internacional del Trabajo (OIT), se ha conservado la especificidad de estas ocupaciones dentro de un grupo dedicado a los oficiales, operarios y artesanos de las artes mecánicas cuya actividad se describe comprobando una vez más la coincidencia con lo que han sido a lo largo de la Historia: “Sus tareas consisten en extraer materias primas del suelo, construir edificios y otras obras, y fabricar diversos productos y artesanías...”¹³.

Pero regresemos a la Edad Media cuando estas artes mecánicas, frente a la vocación especulativa de las artes liberales, no se aprendían en las universidades sino que, como oficios que son, se experimentaban en el taller, tenían un carácter manual, artesanal, y por ende, y pese a todas las consideraciones filosóficas con que Hugo de San Víctor o Ramón Llull quisieron enaltecer su naturaleza, eran propias de un grupo de modesta condición social que entonces se llamó menestral. Sabemos que el trabajo manual tenía desde la Antigüedad una consideración baja

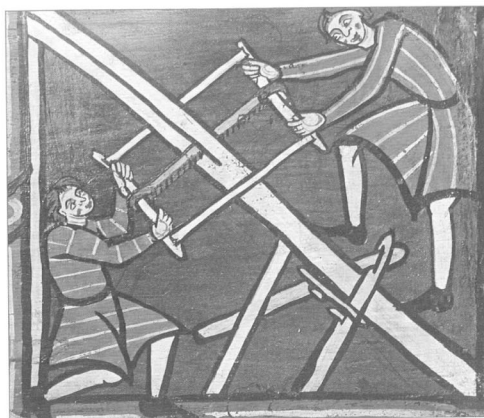
¹² G.A. BORGNI, *Traité complet de mécanique appliquée aux arts, contenant l'exposition méthodique des théories et des expériences les plus utiles pour diriger le choix, l'invention, la construction et l'emploi de toutes les espèces de machines*. Paris, Bachelier, 1818-1823 (10 vols.). El primer volumen se publicó coincidiendo con la reorganización del Conservatorio bajo su director Christian, llamándose desde entonces Conservatoire Royal des Arts et Métiers.

¹³ Este gran grupo comprende las ocupaciones cuyas tareas principales requieren para su desempeño los conocimientos y la experiencia necesarios para ejercer oficios de artesanía y artes mecánicas así como otros oficios, lo cual, entre otras cosas, exige la capacidad de utilizar máquinas y herramientas y el conocimiento de cada una de las etapas de la producción y de la naturaleza y las aplicaciones de los productos fabricados. Sus tareas consisten en extraer materias primas del suelo, construir edificios y otras obras, y fabricar diversos productos y artesanías. La mayoría de las ocupaciones de este gran grupo requieren competencias de segundo grado, tal como las define la CIO. Este gran grupo se subdivide en cuatro subgrupos principales, 16 subgrupos y 70 grupos primarios, los cuales reflejan las diferencias entre las tareas que obedecen a la disparidad de los terrenos de especialización.

y servil no sólo en la práctica sino en su concepción filosófica, de tal modo que Platón habla en su *República* de “muchas personas de condición imperfecta, que tienen tan deteriorados los cuerpos por sus oficios manuales como truncas y embotadas las almas a causa de su ocupación artesana” (Libro, VI, 9).

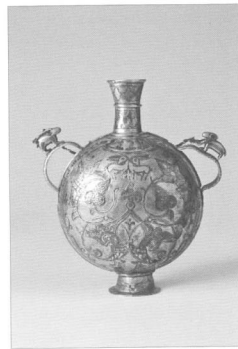
Aristóteles venía a decir lo mismo cuando en su *Política* escribe que “no es dudoso que deben considerarse aquellos conocimientos útiles que son indispensables, pero no todos; establecida la distinción entre los trabajos dignos de hombres libres y los serviles, es evidente que se deberá participar de aquellos trabajos útiles que no envilecen al que se ocupa de ellos, y han de considerarse envilecedores todos los trabajos, oficios y aprendizajes que incapacitan el cuerpo, el alma o la mente de los hombres libres para la práctica y las actividades de la virtud. Por eso llamamos viles a todos los oficios que deforman el cuerpo, así como a los trabajos asalariados”¹⁴. En un párrafo del Libro I, capítulo IV, de la *Política*, que en la edición de Patricio de Azcárate (1874) se dice que “parece intercalado y extraño al pensamiento general del autor”, Aristóteles afirma que “entre los oficios, los más elevados son aquellos en que interviene menos el azar; los más mecánicos los que desfiguran el cuerpo más que los demás; los más serviles los que más ocupan; los más degradados, en fin, los que requieren menos inteligencia y mérito”. Es decir, el hecho de ser una tarea mecánica, manual y lucrativa marcaba una diferencia insalvable en comparación con las actividades discursivas de los hombres libres.

Fue en la Edad Media cuando las artes mecánicas, sin dejar de tener una condición inferior, alcanzaron una consideración social diferente, al menos algunas de ellas como la medicina o la arquitectura, pues otras de carácter creativo como la escultura o la pintura siguieron teniendo la consideración servil hasta que el movimiento académico del siglo XVIII las convirtió en profesiones libres desvinculadas de los gremios, al igual que la arquitectura. Pero más allá del trabajo manual lo que se comenzó a reivindicar en la Edad Media fue el beneficio personal que el oficio generaba a través de una contraprestación económica. Cuando el gran Ramón Llull (1232-1316) escribe sobre las artes mecánicas en el capítulo LXXIX de su obra *Doctrina Pueril* (1274-1276), una suerte de sermón pedagógico, dice: “Art mecánica es sciencia lucrativa manual per donar sustentació a vida



corporal. En aquesta sciencia son, fil, los maestrales, so es a saber, lauradors, ferrés, fusters, sabatés, drapés, mercaders e ls altres officis semblans a aquets”.

Se trata sin duda de una definición precisa de lo que son los menestrales y su dedicación manual y lucrativa, esto es, los labradores, herreros, carpinteros, zapateros, pañeros y otros oficios semejantes. Así se recoge desde Alfonso X, cuando en *Las Partidas* dice que “obras son aquellas que los homes facen estando en casas o en logares cobiertos, así como los que labran oro et plata, et facen monedas ó armas ó armaduras, ó los otros menesteres que son de muchas maneras que se obran desta guisa; ca maguer ellos trabajan por sus cuerpos... et por ende á estos llaman



A la izquierda, broche de cinturón, siglo VI. Museo Arqueológico Nacional, Madrid. En depósito en el Museo de los Concilios y de la Cultura Visigoda, Toledo. A la derecha, esenciero, siglo XI. Museo de Teruel

¹⁴ ARISTÓTELES, *Política*, Libro V (VIII), 2, párrafo 1337 b. En ed. de J. Marfías (Madrid, Instituto de Estudios Políticos, 1970), p. 150.



Máquina de construcción. Capitel del claustro de Santa María la Real de Nueva Segovia

menestrales¹⁵, hasta la última edición del *Diccionario de la Real Academia Española*, que al referirse al menestral dice de él que es “persona que tiene un oficio mecánico”.

La *Doctrina Pueril* de Llull añade algo más al subrayar la necesidad de estos oficios sin los cuales no habría orden en el mundo ni las clases privilegiadas podrían vivir: “Amable fil, en aquesta sciencia trebalen los homens corporalment con pusquen viure, e los uns mesters ajuden als altres, e sens aquets hufficis lo mon no seria ordonat, ne burguezes, cavalers, princeps, prelats no purien viure sens los homens qui an los mesters damunt dits”. Luego, el iluminado franciscano que pasó parte de su vida combatiendo los errores del Islam, pero que era conocido con el apodo de *arabicus christianus*¹⁶, daba un excelente consejo al joven que le escucha diciendo que con un oficio un hombre puede vivir en cualquier parte de la tierra, para añadir después que los musulmanes, por muy ricos que sean, enseñan a sus hijos un oficio mecánico para que pueda vivir de su trabajo por si le faltare la riqueza: “e per assó los sarraïns an molt bona manera en assó, que, per rich om que sia, per tot asó no s lexa de mostrar a sson fill alcú mester per so que, si li falia la ríquea, que pogués viure per son mester”.

La presente exposición está dedicada precisamente a las artes mecánicas, a estas artes útiles y necesarias no sólo para el sustento del individuo sino para que haya orden y progreso en el mundo, al decir de Llull, artes que en muchos casos no estuvieron tan alejadas de algunas de las liberales, pues sin la Aritmética o la Geometría difícilmente la construcción de puentes o la carpintería de armar hubieran podido hacer algo sólido y estable. Artes que siendo mecánicas y útiles participaron del mundo del conocimiento racional en un desdibujado límite entre ciencia y práctica, como ya lo deja ver Vitrubio en el último



Capitel con la representación del maestro Miguel. Iglesia de Revilla de Santullán, Palencia

de sus *Diez Libros de Arquitectura*, dedicado a los *principia machinarum*, cuyo primer capítulo comienza definiendo lo que es una máquina: “Machina est continens e materia coniunctio máximas ad onerum motus habens virtutes. ea movetur ex arte circulatorum rotundationibus, quam Graeci κυκλικην κινήσιν appellant?”. Desde aquí cabe seguir el desarrollo y aplicación de las distintas clases de máquinas que le llevará a hablar, entre otras cosas, de las ruedas y molinos de agua que tienen su sitio en esta muestra como uno de tantos testimonios de la herencia romana en la Edad Media.

Al mismo tiempo el autor latino proporcionaba recetas de probada eficacia para la construcción de máquinas como las catapultas sin conocer la balística, al igual que los constructores de las catedrales medievales levantaron formidables edificios desconociendo el cálculo de estructuras. Es decir, del mismo modo que sucede en el campo de la medicina también circularon en otras áreas del conocimiento fórmulas o recetas que acumulaban unos saberes probados de contrastado éxito, estadísticamente válidos y producto de la observación tras probar el acierto o el error.

Así, volviendo a la parte dedicada a la construcción de máquinas en la obra de Vitrubio, resulta muy aleccionador el capítulo dedicado a la construcción de escorpiones, balistas y catapultas, donde con gran detalle señala sus proporciones valoradas en módulos del mismo modo que proporciona modularmente los órdenes arquitectónicos del templo clásico, no sólo para observar la debida simetría o relación de las partes entre sí y de éstas con el todo, es decir, por una preocupación estética, sino por una razón de estabilidad, pues al señalar las proporciones de las columnas, de los intercolumnios y del entablamento, está dando seguridad probada tanto a las medidas de los elementos individuales como a toda la construcción.

¹⁵ Las Partidas, Partida II, Título XX, Ley V.

¹⁶ *Raimundus, christianus arabicus*. Ramon Llull y el encuentro entre culturas. Catálogo de la exposición organizada por el Instituto de Estudios del Mediterráneo en la Biblioteca Nacional de Argelia. Barcelona, Instituto Europeo del Mediterráneo, 2007.

En un momento dado Vitrubio, al hablar de la construcción de los distintos tipos de ballestas, que siempre deben “estar proporcionadas al tamaño y peso de la piedra que deben lanzar... lo mismo que en las catapultas se regula la proporción por la longitud de las flechas”, dice muy claramente “a fin de que aun los que no sepan geometría ni aritmética encuentren esto fácil y no pierdan tiempo en reflexiones en ocasión de guerra, expondré lo que he aprendido como seguro con la práctica”. Creo que éste es el resorte último de las artes mecánicas desde Roma hasta el final de la Edad Media, pero la mención ahora de Vitrubio, cuyo texto fue conocido y copiado durante la Edad Media en los distintos *scriptoria* de abadías, monasterios y catedrales, quiere subrayar sobre todo la proximidad e incluso la interrelación que existió siempre entre teoría y práctica, es decir, entre el saber codificado desde la *auctoritas* de Vitrubio y una práctica artesana y menestral.

Esta relación entre ciencia especulativa y práctica o la dimensión práctica del saber llevó al gran medievalista Guy Beaujouan (1925-2007) a escribir sobre la ciencia y las inquietudes prácticas en la Edad Media¹⁷, poniendo de relieve que, pese a la interpretación de esta época como una etapa movida por la fe e indiferente a las realidades prácticas, lo cierto es que sucedió todo lo contrario. Hasta tal punto es así que, en opinión de Beaujouan, la revolución técnica más importante vivida por el hombre con anterioridad a la Revolución Industrial y a la apari-



GUILLERMO NAVASQUÉS

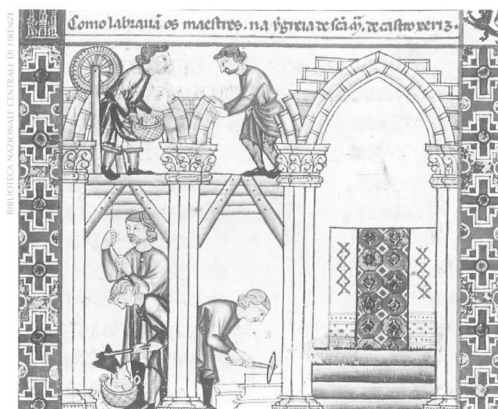
ción de la máquina de vapor, fue precisamente la que representó entre los siglos X y XV la gradual conquista de las fuentes de energía, esto es, la animal, la hidráulica y la eólica. Así, desde el atalaje de los animales de tiro hasta los molinos de viento, pasando por las aceñas en el cauce de los ríos, todo indica que se produjo una verdadera revolución en el ámbito de las más diferentes técnicas que se vinculan a la ciencia o que participan de un cierto grado científico desde el momento en que, por ejemplo, frente a la energía eólica e hidráulica, había que resolver problemas como la transformación del movimiento continuo en movimiento alterno y viceversa.

Algo más que mera práctica hay en los cambios introducidos en las bóvedas de los edificios que, superando su condición románica, abordaron las formidables bóvedas nervadas que llamamos góticas, tan ligeras como sabías. Sabio moro, llama Fray Luis de León al autor del dorado techo en su *Vida retirada*. Saber, indagación, curiosidad científica y no sólo práctica hay en el descubrimiento del alcohol (el *aqua ardens* a sesenta grados y el *aqua vitae* a noventa grados); en el conocimiento de los ácidos minerales; en la sustitución del condensador por el alambique permitiendo mejorar la técnica de la destilación; en los lentes, en el cañón o en los relojes mecánicos, entre tantos y tantos saberes acrecentados por la práctica, entre tanta práctica potenciada por el saber.



Piedad del canónigo Desplá (detalle), 1490. Bartolomé Bermejo. Derechos reservados. © Catedral de Barcelona

¹⁷ G. BEAUJOUAN, “A l’affût des rapports entre sciences et techniques au Moyen Age”, en *Technologia* (Bélgica), 1988, vol. 11, nº1-2, pp. 5-11.



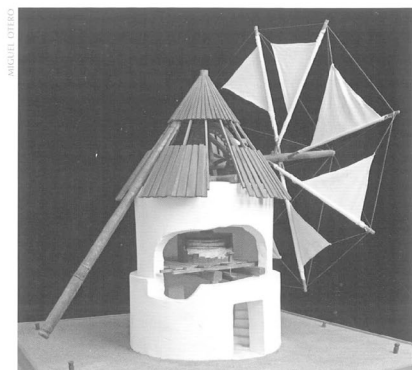
Construcción de un arco. *Cantigas de Santa María* de Alfonso X El Sabio, siglo XIII. Cod. B.R.20. fol. 84r. Escena C. Ministerio per i Beni e la Attività Culturali della Repubblica Italiana

Esta exposición y su contenido fueron idea y elaboración del ingeniero de Caminos y admirado amigo Ignacio González Tascón, fallecido en 2006, a quien conocí formando parte del tribunal de su tesis doctoral sobre *Fábricas hidráulicas españolas*, publicada luego en 1987 que, además de ser un excelente trabajo, era el anuncio de su desbordante entusiasmo por la historia de la ingeniería civil española. En efecto, a aquella obra, a la que le había precedido en fecha de publicación el libro dedicado a la *Tecnología constructiva portuaria* (1985), siguieron otras, apoyadas o no en exposiciones de gran ambición y novedad para hacer llegar a un amplio público el objetivo interés de la ingeniería civil, tantas veces portadora de su particular belleza, tales como la de *Ingeniería española en Ultramar* (1992), *Los ingenios y las máquinas. Ingeniería y obras públicas en la época de Felipe II* (1998), o bien la de *Artífex. Ingeniería romana en España* (2002). En estas y otras obras análogas, libros, artículos, congresos, conferencias y clases universitarias, como catedráti-

co que fue de la Universidad de Granada, mostró siempre un entusiasmo desbordante, habiendo dejado varios trabajos manuscritos, todo en un tiempo muy breve dada la hondura de lo tratado, como si intuyera un pronto *finis vitae* que a todos nos conmocionó.

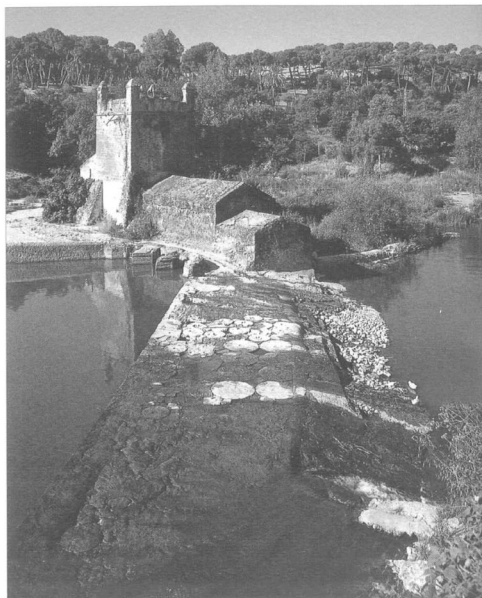
Este hecho y a instancias de su esposa doña Beatriz Presmanes, sus amigos y colaboradores del CEHOPU y de la Fundación Juanelo Turriano, nos comprometimos a cerrar alguno de sus últimos proyectos como el de esta exposición sobre las artes mecánicas que él había prácticamente terminado, aceptando el autor de estas líneas darle la forma final como comisario de la exposición, creyendo con ello saldar una deuda de amistad y reconocimiento hacia el amigo y estudioso de la ingeniería civil española. La serie de artículos del presente libro se abre con tres colaboraciones del propio Ignacio González Tascón, tres textos que él, sin duda, hubiera revisado una vez más pero que el respeto hacia el original ha aconsejado conservarlos en su última versión. Su redacción, expresión, lenguaje y presentación de conceptos reflejan bien el carácter de su autor, intuitivo, presuroso, inquieto, razonable, documentado, curioso y siempre vital. El primero se refiere a los caminos terrestres y marítimos de la España medieval, tanto cristiana como islámica, que van ofreciendo en su recorrido los elementos más diversos, desde los puentes de fábrica y madera hasta la que puede considerarse ingeniería portuaria con sus atarazanas y faros. Sigue a éste el artículo dedicado al abastecimiento de agua a las ciudades y al campo para el regadío, con sus norias, pozos, aljibes, azudas, presas, acueductos, canales, acequias y *qanats*, para terminar haciendo alusión al abastecimiento de agua a monasterios como el de Guadalupe y a ciudades como Palma de Mallorca y Granada. Sobre esta ciudad y la de la Alhambra también encontrará más adelante el lector un interesante trabajo de Antonio Orihuela y Luis José García-Pulido sobre su red hidráulica, donde entre diversas acequias de distintos tiempos de la Granada zirí y nazarí, desaparecidas unas y conservadas otras, siempre destacarán la Acequia Gorda (siglo XI) para regar la Vega y la Acequia Real (siglo XIII) que canalizaba el agua hasta los palacios de la Alhambra y el Generalife.

El tercer capítulo de Ignacio González Tascón plantea la difusión medieval del molino hidráulico en su variada tipología y destino, ilustrándose, como los anteriores, con imágenes fotográficas de obras reales mezcladas con otras que proceden de la rica iconografía medieval.



Molino de viento. Colección de maquetas de Historia de las Obras Públicas. CEDEX-CEHOPU

En este punto habría que señalar el interés e importancia de este último repertorio por convertirse, muchas veces, en una fuente de primera mano por lo que más allá del interés estético, histórico o literario de obras como las *Cantigas* de Alfonso X, cabe hacer en ellas una lectura de gran provecho para el objeto de esta exposición sobre *Ars Mechanicae*. Gonzalo Menéndez Pidal, en su libro sobre *La España del siglo XIII leída en imágenes*, dedica un epígrafe a la historia gráfica de la técnica del que recogemos lo siguiente por venir muy directamente al caso: "Para largos periodos –los siglos medios, por ejemplo– la Historia de la Técnica no puede disponer casi de información escrita. Escritos específicos sobre técnica no existen prácticamente, la mención de una máquina sólo fortuitamente aparecerá en un texto, y más raro aún será hallar una descripción de ella... Sabemos que en el siglo XIII alcanzó gran difusión el torno de madera: las sillas, las camas, etc., tenían postes y adornos torneados. Pero es una verdadera rareza encontrar alusión literaria alguna a los tornos con que esos muebles se labraron; tal vez aparezca su nombre en algún texto pero no hallaremos una descripción que nos diga si el torno era de bancada horizontal o vertical; si era de arco o de ballesta, etc., etc. Y, sin embargo, un simple relieve, un rincón de una vidriera, o una miniatura en que figura un torno nos darán por fuerza esos y otros muchos datos. Así, por el camino gráfico, podemos conocer en la España de la segunda mitad del siglo XIII dos tipos de torno de arco, mientras que de igual periodo no tenemos ninguna alusión literaria a semejantes máquinas... Sólo en la pintura española del siglo XIII podemos conocer hornos de pan, de herbero, de orfebre, de cal, de vidrio, e incluso de varios de ellos se nos



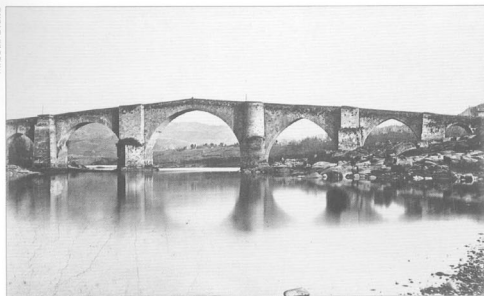
GUILLERMO ESTEBAN

documentarán modalidades técnicas distintas"¹⁸, en otras palabras la iconografía medieval es fuente inapreciable para el conocimiento de la tecnología de este largo y apasionante periodo, de ahí la presencia en esta exposición de las artes mecánicas a través de su representación en los soportes más variados.

Pensemos, por ejemplo, en las aceñas y haciendo nuestras las palabras de Ignacio González Tascón, diríamos con él que "la mayoría de las aceñas que aún permanecen en pie han perdido su maquinaria o ha sido muy transformada", de tal modo que muy pocos o ninguno de quienes admiran el Arca de San Isidro en la catedral de la Almudena de Madrid, dentro de un contexto devoto y religioso, pueden medir la importancia que para la historia de la ingeniería medieval tiene la representación de un molino de rueda vertical de paletas, tal y como el artista lo vio en la realidad, en sus días, en el siglo XIV, sin inventarse nada, pues la aceña tiene todas sus piezas dispuestas para funcionar. Éste es el poder de esta imagen, ese es el mensaje de tantas otras que rueda agricultura, pesca, tejidos, cuero, acuñación de moneda, carpintería, construcción o fabricación de papel acompañan al visitante de la exposición o ilustran los trabajos de los distintos autores del presente libro.

La construcción de bóvedas de piedra, aquí estudiada por Enrique Rabasa, fue algo común en la práctica de la arquitectura romana y con su técnica se cubrieron buena parte de los grandes

MIQUEL OTTEGO



Puente mayor sobre el Miño, Orense. J. Laurent, siglo XIX. E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Universidad de Castilla-La Mancha

¹⁸ G. MENÉNDEZ PIDAL, *La España del siglo XIII leída en imágenes*. Madrid, Real Academia de la Historia, 1986.



Aceñas de Olivares, Zamora

edificios que se construyeron desde la Alta Edad Media hasta el siglo XII, denominándolas románicas como derivadas de Roma, al igual que conocemos como lenguas románicas o romances a las derivadas del latín. Con técnicas análogas se cubrieron las amplias naves de las catedrales, los espacios de las grandes abadías y monasterios, y las más modestas parroquiales que desde la historia del arte llamamos románicas. Pero antes de ser estilo estas bóvedas fueron soluciones técnicas heredadas y mejoradas que no se recogieron en tratado alguno, sino que partiendo de unas recetas básicas se transmitieron en la práctica diaria del taller de cantería. Así, al igual que anteriormente se dijo de los constructores medievales que levantaron grandes edificios sin conocer el cálculo de estructuras, estas bóvedas se labraron sin tener tratos con el conocimiento reglado de la estereotomía.

Mas todo esto no fue sino el prólogo de la verdadera revolución técnica que supuso la solución que decimos gótica de las bóvedas nervadas o de crucería donde, de nuevo, recordaremos que antes que estilo fue búsqueda, ensayo, invención y hallazgo, siguiendo su motor la lógica ingenieril de alcanzar soluciones resistentes con menos material y de menor coste de ejecución.

Después hablaremos del espíritu de la arquitectura gótica y ponderaremos su misticismo, esto es, amable literatura *a posteriori*. Para medir el alcance de este nuevo sistema gótico que, habitualmente, se tiende a observar ciñéndonos al abovedamiento del edificio, el cual llegó a ofrecer imágenes de una belleza espectacular, es necesario recordar que esta solución alteró la concepción estructural del edificio todo, pues el modo de trabajar sus elementos quedó alterado desde los cimientos hasta la cota más alta del mismo. Los empujes horizontales, las cargas y el peso propio alteraron la concepción tradicional de la arquitectura romana, dando lugar a otro gran sistema constructivo que no conocerá cambios sustanciales hasta la aparición del hierro en el siglo XIX. Hubo aquí, pues, una verdadera revolución, análoga a la que se produjo en otros campos, haciendo en definitiva del siglo XIII un primer y verdadero renacimiento, pues sus logros corren parejos a lo que anteriormente hemos llamado gradual conquista de las fuentes de energía. Si

esto no se observa en su justo valor caeremos en una contemplación esteticista de la arquitectura gótica de la que sólo conoceremos su apariencia, bella sin duda, pero sólo apariencia donde primero hubo talento, donde antes hubo ingenio, cuya primera acepción recogida por el diccionario de la Real Academia Española dice: “es facultad del hombre para discurrir o inventar con prontitud y facilidad”.

Ingenio de bella apariencia hay igualmente en las estructuras de madera estudiadas por Enrique Nuere, quien partiendo de la distinción que San Isidoro hace en sus *Etimologías* entre *carpentarius* y *sarcitor*¹⁹ señala los puntos fuertes de este peculiar modo de cubrir los espacios de nuestra arquitectura civil y religiosa, con aportaciones cristianas e islámicas. Su imagen y personalidad no tiene igual en el resto de Europa y más allá de los límites cronológicos de la Edad Media llegó con salud hasta el siglo XVII, partiendo del puerto de Sevilla para difundirse ampliamente por la América española. El *Breve compendio de la carpintería de lo blanco* de Diego López de Arenas, publicado en Sevilla en 1633, da fe de todo ello, y en el parecer dado por



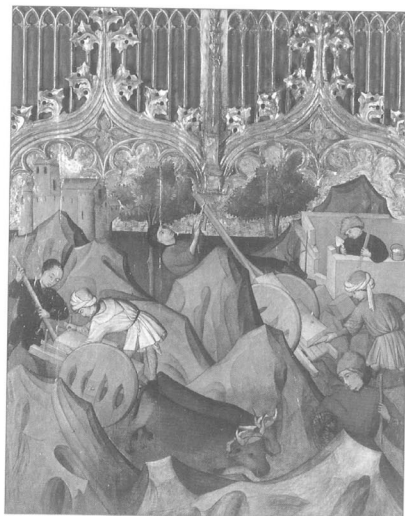
Interior de la iglesia de Santa Maria del Mar, Barcelona, siglo XIV

¹⁹ El lector podrá encontrar al final de la presente obra dos importantes y útiles glosarios de ingeniería civil, transporte e industria referidos a la Edad Media española, uno castellano y otro latino, debidos a Ignacio González Tascón e Isabel Velázquez, catedrática de Filología latina de la Universidad Complutense de Madrid.

Juan Gómez de Mora y que acompaña a la autorización real para su publicación, se dice que el compendio de López de Arenas puede "ser de provecho a los que quisieren saber por reglas ciertas, lo que se hace mecánicamente", es decir, *mutatis mutandis* lo que sostenía Vitrubio.

Entre los oficios que están en trance de desaparecer por razones obvias se encuentra el de la carpintería de ribera, sustituido hoy por lo que llamaríamos simplemente construcción naval. A este apasionante asunto está dedicado el estudio de Marcel Pujol, referido al ámbito de la Corona de Aragón entre los siglos XIII y XV, donde se detallan los principios básicos de la construcción naval a cargo de los llamados carpinteros de ribera, los tipos de embarcaciones mayores y menores, los instrumentos de navegación más usuales, hasta alcanzar las infraestructuras portuarias. Especial mención por su trascendencia e interés tienen en este ámbito las atarazanas, el arsenal o edificio donde se construyen las embarcaciones de guerra y que tipológicamente responden a un mismo patrón de naves paralelas con salida al mar, destacando entre las conservadas las de Barcelona, que llegó a contar con dieciséis naves crecidas en paralelo hasta el siglo XVIII a partir del núcleo medieval. Todas las grandes ciudades portuarias tuvieron atarazanas civiles y reales, bien sobre el mar, como las desaparecidas de Málaga, bien sobre los ríos que lo permitían, como las Reales Atarazanas de Sevilla sobre el Guadalquivir, obra de Alfonso X el Sabio.

La agricultura y la pesca, de Joaquín Fernández Pérez; los ingenios para la obtención del aceite y del vino, de Francisco de Paula Montes y José Ignacio Rojas; la Mesta y la industria de la lana, de Jorge Soler; las industrias del tejido y del cuero, de Ricardo Córdoba, autor también del capítulo dedicado a las artes del fuego, tanto en su vertiente metalúrgica como alfarera; la industria del pergamino y del papel, de Carmen Hidalgo; la acuñación de moneda, de Julio Torres, y los tintes y materias tintóreas, de Ana Roquero, amplían la visión de las artes mecánicas aunque sin agotarlas, pues no es propósito de esta exposición hacer un inventario de las artes útiles sino tan sólo de aquellas que en un momento determinado utilizan alguna de las fuentes de energía arriba citadas; de aquellas que en su proceso requieren un determinado utillaje; de aquellas que necesitan un ingenio mecánico en el que no falta la rueda bajo mil formas posibles; de aquellas que en definitiva, como recuer-



da Bacon en su *Novum Organum* (1620), progresan sin cesar frente al estancamiento de la ciencia durante los dos últimos milenios: "En las artes mecánicas, basadas en la naturaleza y la luz de la experiencia, observamos que sucede lo contrario, ya que éstas prosperan y se desarrollan continuamente como si tuvieran un soplo de vida, primero rudo, luego útil, después más elaborado, pero siempre progresando"²⁰. Tal sería el oculto mensaje de la presente exposición *Ars Mechanicae*.

Por obligada cortesía y sincero reconocimiento no puedo cerrar estas líneas sin dejar constancia de mi gratitud al Director General del CEDEX, don Ángel Aparicio Mourelo, y a su competente equipo dirigido por doña Amparo Precioso de Murga, Gerente del CEHOPU; a don Francisco Vigueras, Presidente de la Fundación Juanelo Turriano, y a las personas que en ella trabajan, especialmente a don Bernardo Revuelta, autor del montaje de la exposición; a la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando, en particular a doña María del Carmen Utande y doña Beatriz Barchino; al Director del Real Jardín Botánico, don Gonzalo Nieto Feliner, cuyo Pabellón Villanueva inaugura sus renovadas salas con *Ars Mechanicae*; y a cuantas instituciones y personas han ofrecido sus colecciones, han confeccionado las maquetas y han intervenido en la producción del presente libro en una línea ya consagrada dentro de la bibliografía española sobre la ingeniería civil, tanto por parte del CEDEX como por la Fundación Juanelo Turriano. Sin el entusiasta concurso de todos ellos nada de esto habría sido posible y la gratitud, como escribiera Samuel Johnson (1709-1784), es un producto de la cultura, que como tal así lo manifiesto.

²⁰ F. BACON, *Novum Organum*, Liber Primus, LXXIV